基于多源数据的技术产业化潜力分析方法研究*
——以基因工程疫苗技术为例

■ 董坤[1,2] 许海云[1,3] 隗玲[1,2,4] 方曙[1]
[1] 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041 [2] 中国科学院大学 北京 100049
[3] 中国科学技术信息研究所 北京 100038 [4] 山西财经大学信息管理学院 太原 030006

摘要：[**目的/意义**]分析新兴技术的产业化潜力对于产业投资决策、专利前瞻布局、资源优化配置以及技术市场开发具有重要意义。[**方法/过程**]系统总结现有技术产业化潜力评估方法，在此基础上构建基于多源数据的产业化潜力分析方法，主要包括对政策环境、产业技术和市场行情的分析以及对产业化特征的融合解读，以基因工程疫苗技术为例，对方法的可行性和有效性进行验证。[**结果/结论**]该方法立足技术领域全景，集成多种数据源，将技术产业化的局部特征融合为整体特征，可通过多维分析结果的相互印证、相互补充获得更具参考价值的产业化潜力分析结果。

关键词：产业化潜力 多源数据 新兴技术 基因工程疫苗
分类号：G251.2
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2018.02.013

1 引言

当今世界科学技术生产力的迅猛发展孕育着新一轮产业革命，新兴产业不断涌现，为国家、社会发展带来了新的契机，已成为促进经济增长的中流砥柱。《"十三五"国家战略性新兴产业发展规划》明确规定，应全面营造有利于新兴产业蓬勃发展的生态环境，加快发展壮大一批新兴支柱产业，持续引领产业中高端发展和经济社会高质量发展。然而，新兴技术更替迅速、市场环境瞬息万变，能否实现从创新成果到一定规模的商业产品转化，再到投入市场产生经济效益的产业化过程尚存在许多未定因素。一些碎片化的技术或产品突破仍然无法有效推动新兴技术的规模化市场应用，往往造成"有技术，无产品"，或者是"有产品，无产业"的局面[1]。《国民经济和社会发展"十三五"规划》指出，要科学判断未来市场需求变化和技术发展趋势。准确识别新兴技术的发展动向、全面评估技术的产业化潜力已成为技术研发[2-3]和技术交易[4]的重要前提，也是未来国家、产业、企业进行投资决策、专利布局、资源配置、市场开发的关键依据。鉴于此，本文将构建一种新的技术产业化潜力评估方法，从政策环境、技术构成以及市场行情等多个角度综合分析技术产业化潜力和发展动向，并发掘具有较高产业化潜力的重点技术领域，以推动新兴技术加速实现经济价值，为产业跃升发展提供有效的决策支撑。

2 技术产业化潜力评估方法

产业化潜力是指一项新技术（包括产品——软硬件、工艺过程）实现大规模生产（应用）并获得商业利润的可能性[5]，产业化潜力评估即从技术、市场、产业化条件等方面对这种可能性进行衡量和测度。建立评价指标体系分析技术产业化潜力是当前的主要方法，本文根据指标数据的来源不同将其划分为基于主观数据与基于客观数据的产业化潜力评估两类。

2.1 基于主观数据的产业化潜力评估

技术产业化潜力评估中的主观数据主要通过专家

* 本文系国家自然科学基金项目"基于科学-技术主题关联分析的创新演化路径识别方法研究"（项目编号：71704170）和中国博士后科学基金资助项目"面向多关系融合的知识创新路径的识别与预测方法研究"（项目编号：2016M590124）研究成果之一。
作者简介：董坤（ORCID：0000-0001-8455-9204），博士研究生，E-mail：dongkun@mail.las.ac.cn；许海云（ORCID：0000-0002-7453-3331），副研究员，硕士生导师，博士；隗玲（ORCID：0000-0002-0594-3134），博士研究生；方曙（ORCID：0000-0002-4584-7574），研究员，博士生导师。
收稿日期：2017-07-16 修回日期：2017-11-05 本文起止页码：89-99 本文责任编辑：王传清

打分、Delphi 调查、问卷调查等方式获取。本文将具有代表性的"基于主观数据的产业化潜力评估"相关研究整理和归纳如表1所示：

表1　基于主观数据的产业化潜力评估相关研究

作者	研究目标	指标/因素	数据来源
S. Y. Sohn 等[6]	技术商业化成功要素分析	研发、管理、应用、技术转化、市场、政策、商业化、传播、企业能力	问卷调查
黄鲁成等[5,7]	新兴技术产业化潜力评价	技术、市场、产业化条件、符合性和效应	Delphi 调查
J. Bai 等[8]	新技术产业化潜力评价	技术、环境效应、资源消耗、社会影响、市场、产业化条件	专家打分
周吉意等[9]	新兴技术商业化潜力评价	技术指标潜力、市场指标潜力、条件潜力	专家打分
丁秀好等[10]	专利产业化示范项目评估	项目绩效、示范带动绩效、政府参考效果	专家打分
卢文光等[11]	新兴技术商业化潜力评价	技术、市场、产业化条件、符合性和效应	Delphi 调查
高翔等[12]	技术产业化潜力分析	技术优势、资源储备、政策导向、市场需求、预期收益	专家打分

基于主观数据的产业化潜力评估方法能够在缺乏足够统计数据和原始资料的情况下，立足于实际设置多项问卷(评分)指标，综合考虑各个层面的多种因素并做出定量估计。这类方法的优点是评价相对全面，使用简单、直观性强。但同时也存在明显的缺点，即缺乏客观数据的支撑，且要求参加评价的专家对评价内容具有较高的学术水平和丰富的实践经验，因此，在实际操作中不易保证评估的权威性和结果的准确性。

2.2　基于客观数据的产业化潜力评估

技术产业化潜力评估中的客观数据主要来源于论文、专利文献以及经济类数据等。本文将具有代表性的"基于客观数据的产业化潜力评估"相关研究整理和归纳如表2所示：

表2　基于客观数据的产业化潜力评估相关研究

作者	研究目标	指标/因素	数据来源
Y. T. Li 等[13]	确定特定产业的专利技术重点及其变化	技术重点生产力、技术重点的质量、某产业专利技术重点的综合指数	专利文献
M. Hirschey 等[14]	识别具有产业依附性的专利质量指标	专利引证指数、引用非专利文献数量和技术循环周期	专利文献
朱月仙等[15]	专利产业化潜力评价	相对被引次数、非专利参考文献数量、IPC 分类号个数、权利要求数量、专利族大小、专利年龄、授权后第8年是否维持	专利文献
R. Kapoor 等[16]	专利商业化价值分析	前向引证分析、专利家族大小、IPC 分类	专利文献
王吉武等[17]	新兴技术商业化潜力分析	技术成熟度、技术机会、技术地位	论文
T. Ogawa 等[18]	判断技术领域是否接近商业化	专利相关性	论文、专利文献
于晶晶[19]	高新技术产业化项目评估	相对产业基础、相对技术实力、市场吸引力	经济类数据、专利

基于客观数据的评估方法优点在于数据获取相对容易，分析结果能够较好地反映技术研发与应用的真实场景，对于识别有产业化潜力的新兴技术主题具有良好的应用前景。但是这些方法过于依赖单一数据，重点关注的是技术自身属性，而忽略了现实中与技术产业化息息相关的外部政策、法律、生产环境以及环境的动态性，难以保证评估结果的全面性。

总而言之，技术产业化是一个构成要素多元、相互关联动态并且与外部环境之间存在着物质、能量、信息交流的复杂过程。判断一项新技术是否具备产业化潜力，既要考虑技术的本身特征，也要考虑是否具备实现大规模生产的基础条件及符合社会发展规划的程度，并带来相应的经济利润和社会效应[7]。无论是主观数据还是客观数据，每一种细分类型都可以部分反映技术产业化特征，但不同数据反映的侧重点不同，对产业化潜力的表征能力也不同，在实际应用过程中，利用单一数据源往往难以得到全面、可靠的分析结果。鉴于此，本文提出一种基于多源数据的产业化潜力评估方法，并以基因工程疫苗技术作为分析对象，从多个维度进行产业化潜力分析。

3　基于多源数据的产业化潜力分析方法

3.1　分析思路与框架

技术产业化过程具有众多的影响因素，在产业化潜力评估时应尽可能地综合多种因素，这样才能更加接近技术产业化的真实场景，对产业化潜力的判断才更加准确。在总结已有研究的基础上，笔者将技术产业化潜力影响因素分为3类，即技术产业化的环境基础、技术自身的创新特征以及技术投入带来的回报。首先，技术发展动向只有与外部政策环境保持一致，才

能获得更多的政府、社会资源支持，实现产业化的可能性才更大；第二，领域技术发展越成熟，客观上越能满足复杂的市场需求，从而更好地与市场有效对接；第三如果技术投入市场能够带来较好的收益，且拥有相对完善的规模化生产与销售条件，则该技术产业化前景良好。

上述每种因素都从某一角度反映技术产业化特征，但在整体衡量产业化潜力时具有一定的局限性，如一些技术虽然创新水平较高，却没有适宜的政策环境和市场条件，那么这些技术的产业化潜力实际并不高，可见仅通过技术自身的创新特征这一单方面因素不足以充分判断技术的产业化潜力。在3种因素中，技术自身的创新特征是影响产业化的内在因素，因而是决定产业化成败的关键；技术产业化的环境基础与技术投入带来的回报是影响产业化的外部因素，对产业化成败具有重要影响。在实际分析中，应以技术自身创新特征分析为主，以其他两者为辅，同时将多种因素结合起来，从整体上揭示技术产业化特征，通过多维分析结果的相互印证、相互补充获得更加全面、准确的产业化潜力评估结果。



选择恰当并且充分的客观数据表示每种要素的内涵是进行产业化潜力分析必要且关键的一环。在实践中存在许多能够反映上述不同因素的数据类型，既包括反映技术特征的专利文本信息、专利统计数据，也包括反映政策环境的战略规划信息、法律法规、新闻报道以及与市场行情密切相关的行业信息、财务数据、产品数据、供销数据等。基于多源数据的产业化潜力分析即根据各种影响因素的具体内涵，选择不同来源、不同类型的信息数据，并将这些数据反映的产业化潜力信息综合集成，将局部特征融合为整体特征，最终形成立足技术产业化全景的潜力分析结果。本文的分析框架如图1所示：

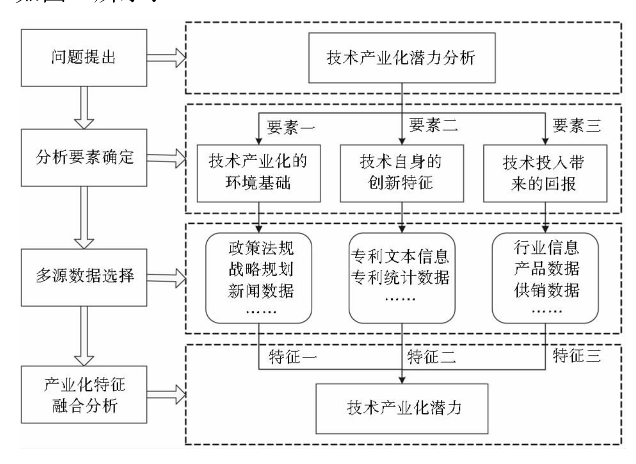


图1　分析框架

3.2　分析内容与方法

本文分析内容主要包括政策环境分析、产业技术分析与市场行情分析3部分，每一部分的预期目标都与分析要素的内涵相一致。在此基础上，选择与预期目标对应的数据类型和分析方法。由于不同数据的内容、载体形式与格式具有一定的差异，本文在确定分析方法时又充分考虑了不同类型数据的基本特征，以保证最大限度地挖掘每种数据所蕴含的技术产业化信息。如表3所示：

表3　具体分析内容与方法等

分析要素	分析内容	预期目标	数据类型	数据特征	分析方法
技术产业化的环境基础	政策环境分析	判断技术的政策适应性、行业环境变化、社会关注度等	政策法规、战略规划、新闻报道	多以文本形式呈现，有专业数据库存储，一般为半结构化数据	文本内容分析
技术自身的创新特征	产业技术分析	识别重要技术主题、判断技术成熟度	专利文本信息、专利统计数据	以文本或记录形式呈现，有专业数据库存储，结构化数据	文本内容分析
技术投入带来的回报	市场行情分析	分析技术的商品化特征、供销主体特征、市场行情等	行业信息、财务数据、产品数据、供销数据	多以记录形式呈现，部分产业有专业数据库存储，一般为非结构化数据	统计分析

3.2.1　政策环境分析　在国研网“战略新兴产业”数据库[20]和中宏“领导决策支持系统”[21]中检索与研究领域相关的文档，对文档进行批量下载。从文档题名、全文中抽取文本关键词，并对关键词数据进行清洗。综合运用Bibexcel软件以及VB程序构造关键词共现矩阵，将矩阵导入社会网络分析软件UCINET中绘制可视化网络，调整阈值并利用相关算法对结点进行聚类。然后对聚类结果进行解读，分析技术所处的政策环境。

3.2.2　产业技术分析　在ISI Web of Knowledge数据平台中的德温特创新专利索引(Derwent Innovations Index,DII)数据库中检索相关专利，将检索到的数据导入TDA软件[22]中，利用TDA提取专利文献中的技术要点(Tech Focus)字段，清洗数据并选择高于一定词频的主题词为分析对象。基于主题词之间的共现关系，计算任意两个主题词之间的相关系数值，绘制共词

网络图,综合考虑每个聚类子网中各主题词的含义,识别目标领域的技术主题。结合聚类结果和子网内主题词两两之间的相关系数值进行指标计算,生成战略坐标图,分析各技术主题的成熟度和发展潜力。战略坐标图是由 J. Law 等在共词分析法基础上提出的,首先通过共词聚类获得代表某领域技术主题的多个子簇,然后计算各技术主题的中心度和密度来表示不同技术主题内部和相互间的关系[23]。战略坐标图可清晰地展现出各类技术主题在领域发展中的核心或边缘位置以及当前发展程度,与本文中技术成熟度分析目标相契合。本文采用的指标包括技术主题外部向心度(centrality)和内部密度(density)两种,前者测度一个技术主题与其他技术主题相互作用的强度,该指标越大,表示这个技术主题在整个技术领域中越趋于核心地位;后者则测度技术主题内部关键词之间的连接强度,密度越大,表示该技术主题内部联系越紧密。密度和向心度的计算公式如下:

$$\text{Density} = \frac{\sum_{i,j \in \varphi_s} E_{ij}}{n-1},\ for\ i \neq j \qquad 公式(1)$$

$$\text{Centrality} = \frac{i \in \varphi_s,\ \sum_{j \in (\varphi - \varphi_s} E_{ij}}{N-n} \qquad 公式(2)$$

其中,E_{ij}是共词网络中节点(技术主题词)的相关系数,n 为聚类子网中节点的个数,N 是共词网络中节点总数,φ_s 为聚类子网,φ 为共词整体网络。

以向心度指标为 X 轴,以密度指标为 Y 轴,以所有技术主题的向心度和密度的值作为源点绘制成的二维平面图即为战略坐标图。可以根据技术主题所处象限清晰地展现其成熟度,具体含义如下:

在第一象限,技术主题位于整个研究网络的中心(向心度较高,与其他聚类子网连接强度高),且内部连接密度高(呈现出高度成熟性)。该技术主题是整个技术领域的核心,具有战略重要性,有研究机构(研究团体)对其进行了长期、系统、正规的研究,技术成熟度最高。

在第二象限,技术主题同样位于整个研究网络的中心,向心度较高,内部连接密度相对较低。这些技术也是整个技术领域的核心主题,并且越来越成熟,有进一步发展的空间和潜力。

在第三象限,技术主题处于整个研究网络的外围,向心度较低,内部连接密度较高。这些研究问题在早期阶段处于研究网络的中心,现在也是重要的投资对象,具有较高的技术成熟度,但逐渐被边缘化。

在第四象限,技术主题处于整个研究网络的外围,外部向心度和内部密度都较低,技术成熟度最低。

3.2.3 市场行情分析 从 Wind 经济咨询数据库、China scope 数据库、万方行业数据库等获取与研究领域相关的行业信息、产品数据、供销数据以及上市公司财务数据等,从国家知识产权局、国家食品与药品管理局、国家统计局网站获取相关备案数据及其他宏观经济统计数据。统计分析所有可用数据,综合不同数据对产业化潜力的表征结果,揭示技术市场行情与产业化前景。

3.2.4 产业化特征融合分析 基于上述研究结果的解读,从整体上把握一个技术领域所处的政策环境、发展水平以及市场前景,在充分咨询专家意见的基础上对技术的产业化潜力做出综合判断。

4 基因工程疫苗技术产业化潜力分析

4.1 分析对象选择

基因工程疫苗(gene engineered vaccine)也称遗传工程疫苗(genetically engineered vaccine),是指使用重组 DNA 技术克隆并表达保护性抗原基因,利用表达的抗原产物,或重组体本身制成的疫苗[24]。疫苗行业是生物医药领域的一个子产业,也是生物医药领域中比较高端的细分领域,具有较高的技术壁垒、资金壁垒和政策壁垒[24],而基因工程疫苗是新型疫苗类型的主要组成部分,也是生物医药领域的重点发展分支之一。基因工程疫苗行业关乎国家的战略安全,受到了各国的广泛关注。基于此,本文选择国内基因工程疫苗作为案例,从政策环境、产业技术、市场行情 3 个方面分析其产业化潜力。

4.2 政策环境分析

在国研网 “战略新兴产业数据库”和中宏“领导决策支持系统”中检索与疫苗有关的文献,检索时间区间设定为 2013. 01. 01 – 2015. 12. 12。用“疫苗”进行检索,共获得 131 篇相关文献(2013 年 52 篇,2014 年 47 篇,2015 年 32 篇),对其进行批量下载。131 篇文献主要来自于中国政府网、发改委网站、人民日报、环球财经、中国证券报、经济参考报等 10 多家较权威的网站或报纸的新闻报道,其内容涵盖了国家政策、政府公文、企业动态、国外报导等,较全面地反映了国内外政府、企业、民众对疫苗领域的关注焦点和疫苗领域的发展动态。

利用中科院汉语分词系统(NLPIR)从文献题名、全文中抽取主题词,进一步对主题词进行清洗,并构造主题词共现矩阵,矩阵规模分别为 214 x 214、163 x

163、105 x 105，将共现矩阵导入 UCINET，得到主题词共现网络。

为充分揭示政策环境变化趋势，本文分别对2013、2014、2015 年的数据进行共现分析，结果如下：

4.2.1 2013 年政策环境分析 2013 年关键词共现网络最大连通子网包含 191 个节点（见图 2），通过聚类分析可被划分为 11 个聚类簇，在图中用序号进行标注（下同），聚类簇主题分别为①转基因产品、②生物制药产业发展专项与新型疫苗、③外资药企及医药购销、④新药研发、⑤药企及仿制药相关的标准与监管、⑥抗癌假药与药品监管、⑦医疗卫生机构与医疗服务、⑧药品目录与医改、⑨健康信息化、⑩药品检测与公共安全、⑪生物医药产业发展与生化药制造。

进一步对 11 个聚类簇进行分析可知，2013 年，疫苗领域所关注的主题主要是药品安全和监管方面，这些主题对基因工程疫苗并不具有针对性，仅有生物制药产业发展专项与新型疫苗、新药研发两个聚类簇主题能够在一定程度上反映出基因工程疫苗领域的受关注程度。总体来说，2013 年关注主题侧重宏观而缺乏针对性，面向基因工程疫苗领域发展的政策环境建设还有很大拓展空间。

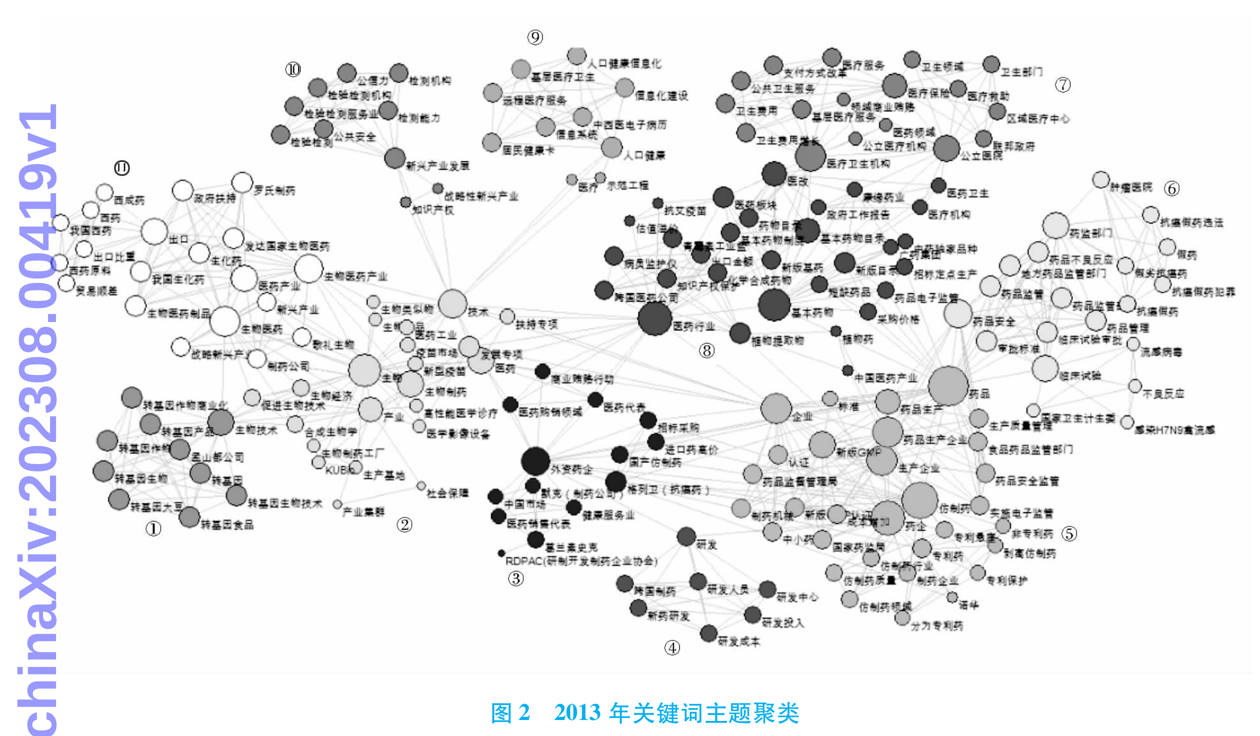


图 2 2013 年关键词主题聚类

4.2.2 2014 年政策环境分析 2014 年关键词共现网络最大连通子网包含 140 个节点（见图 3），通过聚类分析可划分为 9 个聚类簇，聚类簇主题分别为①药品生产规范和质量管理、②医药工程与产业转型升级、③基本药物目录与医保支付、④医疗系统与医改、⑤医药产业发展与生物仿制药、⑥药品注册与评审、⑦生物技术与转基因产品、⑧生物制药公司与诊断试剂、⑨新药研发与药品标准。

进一步对这 9 个聚类簇进行分析可知，2014 年，药品生产规范、药品标准等仍是疫苗领域的关注焦点之一，医改、医药产业转型升级相关主题受关注程度显著提升。具体反映基因工程疫苗领域政策主题的有医药产业发展与生物仿制药、生物技术与转基因产品、新药研发与药品标准、生物制药公司与诊断试剂，较 2013 年有所增多。也反映出基因工程疫苗领域的政策体系有所完善，社会关注度进一步提高。

4.2.3 2015 年政策环境分析 2015 年关键词共现网络最大连通子网共包含 104 个节点（见图 4），被聚类为 9 个聚类簇，其中 7 个聚类簇在最大连通子网中，2 个聚类簇独立。最大连通聚类簇中 9 个聚类簇的主题分别为①生物医药与乙肝疫苗、②科技创新与电子商务、③心血管疾病与糖尿病和④高性能医疗器械与医保支付、⑤测序技术与丙肝⑥药品采购与生产、⑦药品定价、招标与销售、⑧创新能力、⑨抗肿瘤药。

2013－2015 年关键词共现网络节点的数量持续变少，反映出疫苗领域关注主题不再泛化而是日渐集中。对 2015 年关键词共现网络中 9 个聚类簇做进一步解

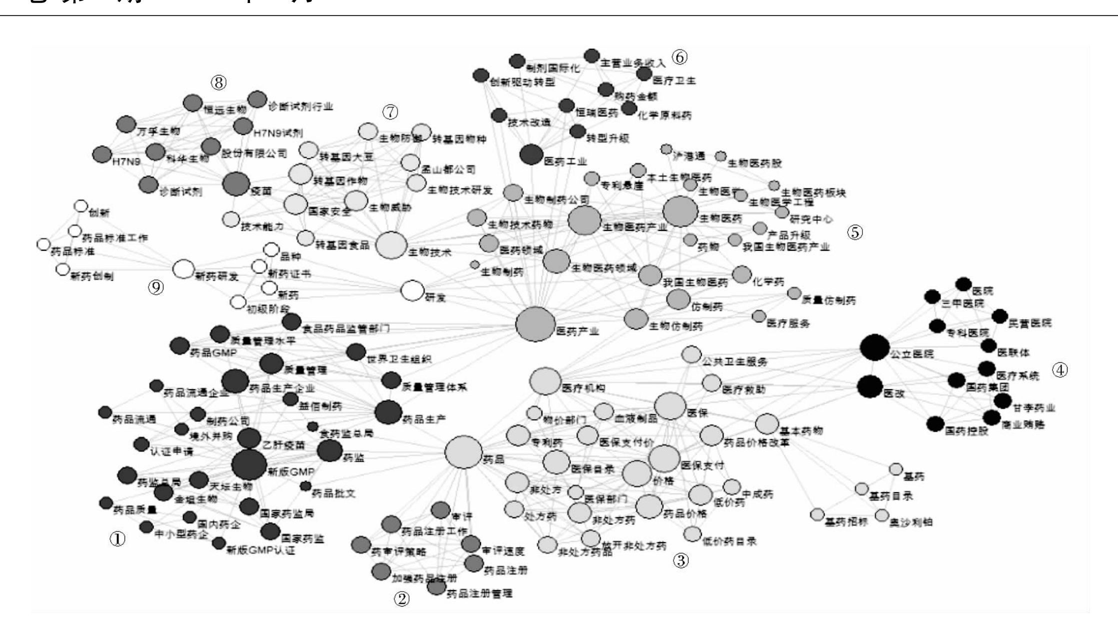


图 3　2014 年关键词主题聚类

读可知,2015 年关注主题聚焦在创新、医疗器械等方面,与基因工程疫苗领域关联度较大的主题是生物医药与乙肝疫苗、抗肿瘤药、测序技术与丙肝,与 2013 年和 2014 年比较,主题内涵趋于微观,关注点更加具体。可见基因工程疫苗领域相关的技术及其应用已受到更多关注,政策环境日趋成熟,研发和市场化形势利好。



图 4　2015 年关键词主题聚类

4.3　产业技术分析

本文数据来源于 ISI Web of Knowledge 平台中的德温特创新专利索引数据库。通过背景技术调研对基因工程疫苗领域进行了技术主题要素分解,构建了检索策略,检索时间截至 2015 年 6 月。通过检索共获取 999 项中国专利申请数据。对得到的数据进行初步处理,采用 TDA 提取 Tech Focus 字段(Abstract -DWPI Tech Focus/FOC,该字段描述发明包含的核心技术要点),得出按词频排序的主题词列表。并对主题词进行清洗,借助 TDA 词表清洗工具和基于词形相似度合并命令进行初步合并,除去停用词以及大量与分析主题无关的词,在领域专家的指导下进行主题词语义合并,得到本文用于共现分析的主题词。最后,将主题词累积频次达到 52.2% 的前 300 的高频词作为分析对象,经过进一步分析,去掉其中如"is"等无用的词,最终确定的主题词数量为 282。

运用复杂网络分析软件 Gephi 中的 Blondel 社区探测算法对主题词进行聚类,模块分割参数(resolu-

tion)使用默认值1,聚类结果为5(antisense RNA、adjuvant component 和 culturing V 3 个孤立点除外),5 个聚类簇的节点数分别为 140、28、40、49 和 12 个。经专家判读聚类结果发现,该聚类结果分布不均,最大聚类簇中的技术主题与其他聚类簇还有交叉和重复。结合专家意见,经多次实验,最后将模块分割参数(resolution)设定为0.95,技术主题数量定为6 个,并请专家解读每个聚类簇代表的技术主题内容。

4.3.1 技术主题识别　结合主题词之间的共现情况和聚类结果,综合考虑聚类簇中各主题词的含义,对每个类进行命名,这些类别代表了基因工程疫苗领域的技术主题。类别主题、主题词数量和特征向量中心度值排前 10 的主题词如表4 所示:

表4　基因工程疫苗领域技术主题

技术主题	主题词数量(个)	主题词(top 10)
核酸疫苗相关技术	99	Nucleic acid、SEQ ID、amino acid、antigen protein、sequence encoding、hepatitis C virus、viral vector、signal peptide、stem cell、T cells
基因疫苗技术手段	57	expression vector、fusion protein、PCR、recombinant protein、Escherichia coli、PCR product、DNA sequence、recombinant plasmid、target gene\protein
树突状细胞疫苗相关技术	56	Host cell、tumor antigen、vaccine composition、mammalian cell、protective antigen、influenza virus、insect cell、human cell、plant cell、rabies virus
免疫佐剂相关技术	28	Genetic engineering、organic chemistry、polyethylene glycol、therapeutic agent、cholera toxin、disulfide bond、fluorescent labels、solid support、detectable label、preferred agent
病毒类疫苗相关技术	11	Antibody fragment、hepatitis B virus、coding reign virus-like particle、antigenic determinant、CpG motif、human papilloma virus、immunostimulatory nucleic acid、Sindbis virus
人源化基因工程改造技术	28	Immune response、Chimeric\monoclonal antibody、genomic DNA、pharmaceutical composition、active fragment、amino acid residues、immunostimulatory substance、recombinant expression、detectable signal

注:节点的特征向量中心度值的计算基于一个原则,即一个节点的重要性既取决于其邻居节点的数量(即该节点的度),也取决于其邻居节点的重要性[25]。

(1)技术主题1-核酸疫苗相关技术。核酸疫苗(nucleic acid vaccine)相关技术主题,对应主题词包括核酸、抗原结合片段、病毒载体、不完全辅剂、免疫佐剂、表达组件以及 DNA 疫苗(deoxyribonucleic acid vaccine)等。核酸疫苗是一种新型的基因工程疫苗,包括 DNA 疫苗和 RNA 疫苗(ribonucleic acid vaccine),它将含有编码一种或几种抗原蛋白基因序列的重组质粒导入机体的细胞内,然后在宿主细胞内转录表达抗原蛋白,诱导机体生成相应的细胞免疫应答与体液免疫,接种的机体因此得到了其提供的免疫保护,能够有效防病治病[26]。由于其良好的免疫原性、安全性、制备工艺简单等特点,核酸疫苗越来越受到人们的重视。核酸疫苗相关技术中,核酸疫苗佐剂、核酸疫苗表达载体及调控元件的构建、核酸疫苗真核表达及免疫效果评价等是重点。

(2)技术主题2-基因疫苗技术手段。基因疫苗技术手段技术主题,对应主题词包括表达载体、融合蛋白、大肠杆菌、PCR(polymerase chain reaction)产物、重组质粒、引物设计以及重组表达载体等。基因疫苗技术手段包括 DNA 重组技术、蛋白融合、重组表达技术,一般称为基因克隆技术或基因重组技术[27]。基因重组技术是将基因跟表达载体基因重组,技术细节涉及 PCR 引物的设计、限制酶、内切酶、外切酶。表达载体可以是质粒、大肠杆菌、腺病毒等,其作用是将抗体基因通过转化或转导的方法导入宿主细胞进行重组和表达。

(3)技术主题3-树突状细胞疫苗相关技术。树突状细胞疫苗技术主题包含的研究内容有树突状细胞疫苗在肿瘤免疫治疗领域的研究和肿瘤抗原及病原微生物保护性抗原的筛选、鉴定、克隆、表达及免疫研究,为表述方便,文中将其简称为树突状细胞疫苗相关技术,对应主题词有宿主细胞、肿瘤抗原、保护性抗原、重组病毒、树状细胞以及多类细胞和多种病毒等。应用肿瘤抗原对肿瘤进行免疫治疗,肿瘤抗原及保护性抗原的筛选、鉴定、克隆、表达及免疫是核心技术。疫苗研制主要的环节即选取病原体的保护性抗原,且疫苗的设计和能否获得批准取决于对保护性抗原的选择及其效力的证明。

(4)技术主题4-免疫佐剂相关技术。免疫佐剂相关技术主题,主题词包括有机化学、治疗制剂、双硫键、荧光标记、阳离子脂质体等。免疫佐剂是指先于抗原或与抗原同时使用,可以非特异性地增强抗原的免

疫原性、增强机体的特异性免疫应答或改变免疫反应类型而本身并无抗原性的制剂[28]。安全且能有效激活体液与细胞双重免疫的佐剂是目前的研发热点，同时，佐剂疫苗的体外评价（如荧光标记、放射性标记等）也是免疫佐剂相关技术的重点。

（5）技术主题 5 – 病毒类疫苗技术。病毒类疫苗技术主题，相关主题词有病毒样颗粒、抗原决定簇、CpG 基元、人乳头状瘤病毒、免疫刺激酸化、辛德毕斯病毒、热休克蛋白等。而佐剂改良型病毒疫苗的研究、基于病毒样颗粒的亚单位疫苗研究、辛德毕斯病毒作为疫苗载体的研究以及无免疫佐剂的重组蛋白疫苗研究则成为病毒类疫苗技术的研究热点。

（6）技术主题 6 – 人源化基因工程改造技术。人源化基因工程改造技术主题包含的研究内容有单克隆抗体的人源化基因工程改造技术及免疫应答反应机理研究，为表述方便，文中将其简称为人源化基因工程改造技术，对应主题词包括嵌合抗体/单克隆抗体/单链抗体、染色体杂交、氨基酸残疾、体液、杂交瘤细胞、抗原结合、体液免疫反映。人源化基因工程改造技术中，实现单抗的人源化、解决免疫原性、实现多种抗体重组等问题是该领域的热点和难点。

4.3.2　技术成熟度分析　余弦指数在共词网络中是测度关键词之间共现关系和强度的重要指标，能在一定程度上降低采用共现频次来评价技术术语间的链接强度的局限性，能够较客观地揭示技术术语间的链接强度[29]。利用余弦指数计算主题词的相关系数，结合共词网络聚类结果计算每个类别的向心度和密度值，以向心度为横坐标、密度为纵坐标绘制基因工程疫苗技术战略坐标图如图 5 所示：

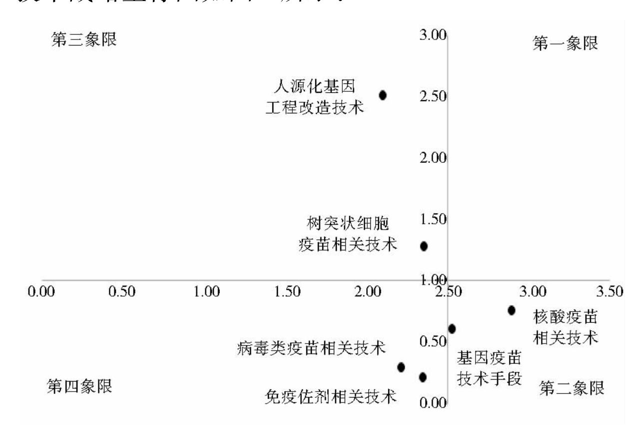


图 5　基因工程疫苗技术主题的战略坐标图

从图 5 可以看出，第一象限暂无技术主题出现，说明我国基因工程疫苗技术领域研究成熟的核心技术暂时还没有；第二象限的技术主题有两个，核酸疫苗相关技术与基因疫苗技术手段，两者是领域核心技术主题，技术日趋成熟，具有很大的发展空间和潜力。第三象限的技术主题有两个，人源化基因工程改造技术与树突状细胞疫苗相关技术，两者技术成熟度较高，具有较好的产业化前景，但就逐渐被边缘化的趋势来看，两者并不是领域核心技术。第四象限的技术主题有两个，病毒类疫苗相关技术与免疫佐剂相关技术，两者相关研究尚不成熟，需要进一步提升研发水平，为将来产业化发展打下基础。

4.4　市场行情分析

把握市场行情动态及其发展趋势是技术产业化潜力分析中的重要一环，本案例基于商品化和供销主体两个维度分析市场行情。

4.4.1　商品化分析　我国疫苗实行批签发制度，即疫苗在出厂上市或进口时进行由国家食品药品监督管理局（China Food and Drug Administration，CFDA）强制检验、审核，符合标准者准予上市或进口[30]，在批签发制度下，疫苗的批签发数量可以等同于疫苗商品化规模。从 2007 – 2015 年基因工程疫苗与传统疫苗批签发数量分析（见图 6），发现基因工程疫苗占全部疫苗的比重一直在 25% 以下，表明传统疫苗仍是国内最主要的是商品化疫苗，基因工程疫苗的商品化规模一直不高。



图 6　2007 – 2015 年基因工程疫苗与传统疫苗批签发数量

国内商品化的疫苗有 5 类，其中，商品化规模比重最大的为重组乙型肝炎疫苗（酿酒酵母）（61.9%），其次为重组乙型肝炎疫苗（汉逊酵母）（22.6%）与重组乙型肝炎疫苗（CHO 细胞）（13.6%），重组戊型肝炎疫苗（大肠埃希菌）与重组 B 亚单位/菌体霍乱疫苗（肠溶胶囊）虽也已实现商品化生产，但是规模较小，比重

不足2%。重组乙型肝炎疫苗(酿酒酵母)已成为国内最成熟、使用最广泛的基因工程疫苗,重组乙型肝炎疫苗(汉逊酵母)与重组乙型肝炎疫苗(CHO细胞)次之,这3种疫苗具备较好的产业化基础,产业化潜力较大。如图7所示:

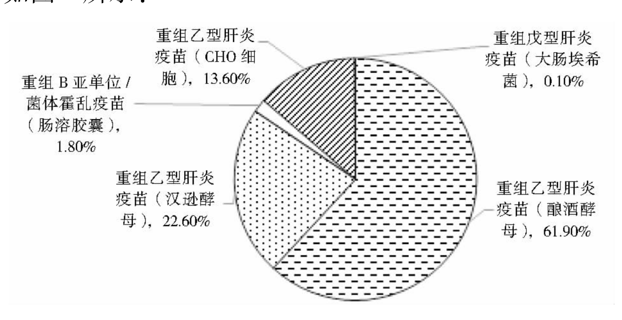


图7 2007－2015年国内各类基因工程疫苗商品化规模总量比重

4.4.2 供销主体分析 疫苗作为一种特殊的商品,CFDA对其生产、销售等各个环节进行严格管控,企业只有通过CFDA的审核批准以后才有生产、销售疫苗的资质,CFDA数据库提供所有符合资质企业的备案信息。因此,研究通过CFDA数据库查询和采集国内所有疫苗企业的相关数据。

(1)生产主体分析。CFDA数据显示,国内有58家符合资质的疫苗生产企业,但实际生产基因工程疫苗的企业只有10家(见表5),表明当前我国疫苗生产主体规模不大,基因工程疫苗的生产主体规模更小,可能导致疫苗供不应求的局面。这为将来更多基因工程疫苗实现市场应用创造了巨大空间,但同时现有资源条件比较局限,产业化还面临许多困难。

表5 国内基因工程疫苗生产企业

序号	基因工程疫苗	生产厂商
1	重组乙型肝炎疫苗(酿酒酵母)	北京天坛生物制品股份有限公司
2	重组乙型肝炎疫苗(酿酒酵母)	深圳康泰生物制品股份有限公司
3	重组乙型肝炎疫苗(汉逊酵母)	华兰生物疫苗有限公司
4	重组乙型肝炎疫苗(汉逊酵母)	大连汉信生物制药有限公司
5	重组乙型肝炎疫苗(CHO细胞)	北京华尔盾生物技术有限公司
6	重组乙型肝炎疫苗(CHO细胞)	兰州生物制品研究所有限责任公司
7	重组乙型肝炎疫苗(CHO细胞)	华北制药金坦生物技术股份有限公司
8	重组乙型肝炎疫苗(CHO细胞)	武汉生物制品研究所有限责任公司
9	重组戊型肝炎疫苗(大肠埃希菌)	厦门万泰沧海生物技术有限公司
10	重组B亚单位/菌体霍乱疫苗(肠溶胶囊)	上海联合赛尔生物工程有限公司

在所有疫苗生产企业中,有4家拥有基因工程疫苗相关专利(见表6),其中仅有1家企业生产基因工程疫苗,客观反映出我国疫苗生产企业产研一体化水平低,将所拥有的专利转化为产品的能力不足。

表6 拥有相关专利的企业基因工程疫苗生产情况

疫苗生产企业	基因工程疫苗专利(件)	基因工程疫苗(种)
辽宁成大生物股份有限公司	2	0
辽宁依生生物制药有限公司	3	0
厦门万泰沧海生物技术有限公司	3	1
长春百克生物科技股份公司	2	0

(2)销售主体分析。CFDA数据显示,全国共有447家疫苗销售企业(不包括港澳台地区),平均每省约有14家企业(见表7)。其中,有20家及以上数量企业的省份仅有9个,可见我国疫苗行业的销售主体整体数量水平不高,但也意味着当前每个销售主体面临的销售市场份额大,无论是传统疫苗还是基因工程疫苗都拥有巨大的市场销售潜力。

表7 疫苗销售企业分布情况

企业数量(家)	>29	20－29	10－19	1－9	<1
省份数量(个)	3	6	12	8	2

4.5 结果讨论

通过上述分析,可以得到以下结果:

(1)从技术自身的创新特征看,基因工程疫苗领域主要围绕核酸疫苗相关技术、基因疫苗技术手段、树突状细胞疫苗相关技术、免疫佐剂相关技术、病毒类疫苗技术以及人源化基因工程改造技术展开研究。就成熟度而言,该领域目前缺少成熟的核心技术,因此,未来技术研发与应用尚有广阔的空间。核酸疫苗相关技术、基因疫苗技术是领域核心技术主题,技术日趋成熟,具有很大的发展潜力。人源化基因工程改造技术与树突状细胞疫苗相关技术虽不是领域核心技术,但其技术成熟度较高,具有较好的产业化前景。病毒类疫苗相关技术与免疫佐剂相关技术研究尚不成熟,需要进一步提升研发水平,为实现产业化创造条件。

(2)从技术产业化的环境基础看,我国基因工程疫苗领域的社会关注点逐步聚焦,政策环境日趋成熟。针对战略性新兴产业或生物医药产业的生产标准、医药安全逐步受到重视,乙肝疫苗、抗肿瘤药、测序技术等更为具体的技术成为关注热点,为基因工程疫苗产业化发展提供了较好的外部环境基础。

(3)从技术投入带来的回报看,我国基因工程疫苗商品化水平不高,尚处于发展初期,但具有强大的生命力。目前仅有5种基因工程疫苗实现商品化,重组

乙型肝炎疫苗(酿酒酵母)、重组乙型肝炎疫苗(汉逊酵母)、重组乙型肝炎疫苗(CHO 细胞)是商品化规模较大的三类基因工程疫苗,其生产制造条件相对完善,实现产业化的可能性较其他类型更大。我国企业生产和销售基因工程疫苗的能力均不高,产研一体化水平低。销售前景广阔,供销势差明显,对未来产业化发展具有积极影响。

综上所述,我国基因工程疫苗领域创新水平不断提升,产业化发展政策环境日趋完善,但市场条件尚不足以支持多项技术主题实现产业化,因此,在舆论导向积极、研发水平日渐成熟的形势下也不能盲目乐观。在众多技术主题中,核酸疫苗相关技术、基因疫苗技术、人源化基因工程改造技术与树突状细胞疫苗相关技术的发展水平和成熟度较高,待市场条件趋于完备,这些技术将具有较好的产业化前景。

经咨询领域专家,认为以上分析结果具有合理性。本文分析从多个角度展示技术领域产业化态势,可避免依赖单一结果造成的误判;分析结果细化到领域分支,对于相关产业化决策具有较好的参考价值。

5 结语

本文构建了基于多源数据的技术产业化潜力评估方法框架和分析流程,并以基因工程疫苗领域作为案例分析,通过多维分析结果的相互印证与补充最终获得了该领域产业化潜力分析结果。基于多源数据的技术产业化潜力评估方法兼顾技术产业化的环境基础、技术自身的创新特征以及技术投入带来的回报 3 类产业化潜力影响因素,融合政策法规、新闻报道、专利数据、产品数据、供销数据等多种数据来源和类型,实现了外部与内部、整体与局部分析的结合,从政策环境、产业技术、市场行情多个角度对技术产业化潜力进行全面展现,为国家和地方政府、企业等相关决策者提供参考。但由于产业化潜力的影响因素多且复杂,本文选取的各类数据在一定程度上克服单一数据源的局限性,但对全面评估产业化潜力仍显不足,未来研究考虑将企业财务数据、产品数据、政策法规等纳入分析范围,以期得到更加准确的评估结果。此外,本文对市场行情分析尚停留在统计层面,未深入挖掘相关数据的内在关联关系,随着可获取的市场相关数据源和数据类型的日渐丰富,该部分分析也将更加深入。

参考文献:

[1] 余江. 我国新兴技术产业化如何破局[EB/OL]. [2016-10-10]. http://theory.people.com.cn/n/2014/1013/c40531-25820876.html.

[2] JUN S P, YEOM J, SON J K. A study of the method using search traffic to analyze new technology adoption[J]. Technological forecasting & social change, 2014, 81(1):82-95.

[3] DUCHENE A, SEN D, SERFES K. Patent licensing and entry deterrence: the role of low royalties[J]. Economica, 2015, 82(S1):1324-1348.

[4] MUKHERJEE A. Licensing under convex costs[J]. Journal of economics, 2014, 111(3):289-299.

[5] 黄鲁成,王吉武,卢文光. 基于 ANP 的新技术产业化潜力评价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2007, 28(4):122-125.

[6] SOHN S Y, MOON T H. Structural equation-model for predicting technology commercializa-tion success index (TCSI)[J]. Technological forecasting and social change, 2003, 70(9):885-899.

[7] 黄鲁成,王吉武,卢文光. 新技术产业化潜力的评价[J]. 统计与决策, 2007(11):64-65.

[8] BAI J, WEI H. The potential evaluation of new technology industrialization based on the evaluation of the effects of technical environmental[EB/OL]. [2016-10-05]. http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/200910/2009glhy09a5.pdf.

[9] 周吉意,吕跃进. 新兴技术商业化潜力评价研究——基于 AHP 的灰色聚类模型[J]. 科技管理研究, 2010, 30(24):48-51.

[10] 丁秀好,黄瑞华. 专利产业化示范项目评价研究[J]. 情报杂志, 2011, 30(8):28-32.

[11] 卢文光,黄鲁成. 基于产业化潜力评价的新兴技术特征研究[J]. 科技进步与决策, 2011, 28(22):5-9.

[12] 高翔,王宏起,李玥. 基于粗糙集的干细胞技术产业化潜力评价研究[J]. 中国科技论坛, 2014(6):56-62.

[13] LI Y T, HUANG M H, CHEN D Z. Positioning and shifting of technology focus for integrated device manufacturers by patent perspectives[J]. Technological forecasting & social change, 2014, 81(1):363-375.

[14] HIRSCHEY M, RICHARDSON V J. Are scientific indicators of patent quality useful to investors?[J]. Journal of empirical finance, 2004, 11(1):91-107.

[15] 朱月仙,张娴,李姝影,等. 国内外专利产业化潜力评价指标研究[J]. 图书情报工作, 2015, 59(1):127-133.

[16] KAPOOR R, KARVONEN M, LEHTOVAARA M, et al. Patent value indicators: case of emerging wind energy markets[C]//Technology management for emerging technologies, New York: IEEE, 2012:1042-1048.

[17] 王吉武,黄鲁成,卢文光. 新兴技术商业化潜力的涵义及评价方法探讨[J]. 科学学与科学技术管理, 2008, 29(4):32-35.

[18] OGAWA T, KAJIKAWA Y. Assessing the industrial opportunity of academic research with patent relatedness: a case study on polymer

electrolyte fuel cells [J]. Technological forecasting & social change, 2015, 90(1):469－475.

[19] 于晶晶. 基于专利组合分析的高新技术产业化项目评价研究[D]. 青岛：青岛科技大学, 2010.

[20] 国研网. 疫苗－战略新兴产业数据库[EB/OL]. [2016－04－08]. http://s1.drcnet.com.cn/search/Search AC.aspx? chnId = 4797&&fields = 1 ^ 1 ^ 1 ^% u75AB% u82D7&rootlm = c4801 | c4801&ps = 50&cp = 1.

[21] 中宏网. 领导决策支持系统[EB/OL]. [2017－01－04]. http://gov1.macrochina.com.cn/login.html.

[22] TDA. Thomson data analyzer[EB/OL]. [2016－07－14]. http://www.theVantagePoint.com.

[23] LAW J, BAUIN S, COURTIAL J P, et al. Policy and the mapping of scientific change: a co-word analysis of research into environmental acidification[J]. Scientometrics, 1988, 14(3/4):251－264.

[24] 唐艳林, 宋桂才,梁文昌. 畜禽基因工程疫苗的研究进展及应用前景[J]. 吉林畜牧兽医, 2005(12): 18－20.

[25] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京:社会科学文献出版社, 2004.

[26] 鲁凤民, 庄辉. 核酸疫苗研究进展[J]. 中华预防医学杂志, 1995,29(5):303－304.

[27] 张亚旭. DNA 重组技术的研究综述[J]. 生物技术进展,2012,2(1):57－63.

[28] 刘洋, 曹雪涛. 免疫佐剂研发和临床转化的现状与发展趋势[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志,2014,21(2):192－200.

[29] 胡阿沛, 张静, 雷孝平,等. 基于文本挖掘的专利技术主题分析研究综述[J]. 情报杂志, 2013, 32(12):88－93.

[30] SFDA. 疫苗批签发是什么[EB/OL]. [2017－01－04]. http://www.sda.gov.cn/WS01/CL1762/150305.html.

作者贡献说明：

董坤:设计论文整体研究框架,撰写论文;
许海云:提出论文研究思路,指导论文修改;
隗玲：论文修改;
方曙：指导论文修改。

Study on Analysis Method of Technology Industrialization Potential Based on Multi-source Data ——A Case Study of Engineering Vaccine Technology

Dong Kun[1,2] Xu Haiyun[1,3] Wei Ling[1,2,4] Fang Shu[1]

[1] Chengdu Library of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041
[2] University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049
[3] Institute of Scientific and Technical Information of China (ISTIC), Beijing 100038
[4] School of Information Management, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006

Abstract: [**Purpose/significance**] Accurate analysis of the industrialization potential of emerging technology is of great significance for investment decisions, patent layout, resource allocation and market development. [**Method/process**] This paper firstly summarizes the existing evaluation methods of industrialization potential systematically, and then builds a framework of industrialization potential analysis method based on multi-source data, which includes policy environment analysis, industrial technology analysis, market quotation analysis and the fusion interpretation of all. Next, the feasibility and validity of the method are verified by case analysis of the genetic engineering vaccine technology. [**Result/conclusion**] This method is based on the technical panorama and integrates a variety of data sources, which can make the local characteristics of technology industrialization integrate into the overall characteristics. The multi-dimensional analysis can be mutually confirmed and complement each other to obtain more valuable results of industrialization potential analysis.

Keywords: industrialization potential multi-source data emerging technology engineering vaccine